

УДК 677.052.71

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
КОЭФФИЦИЕНТА ЖЕСТКОСТИ БАЛЛОНИРУЮЩЕЙ НИТИ**

**ANALYTICAL DETERMINATION OF A RIGIDITY FACTOR  
OF A BALLOONING THREAD**

*А.А. СТОЛЯРОВ*  
*A.A. STOLJAROV*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**  
**(Ivanovo State Textile Academy)**  
E-mail: stolyarovanatoly@yandex.ru

*Получена формула для определения коэффициента жесткости нити в баллоне кольцевой прядильной машины. Использование формулы позволяет прогнозировать характер технологической операции наматывания пряжи на патрон, что особенно важно при модернизации и конструировании оборудования.*

*The formula for determination of a thread rigidity factor in a cylinder of a ring spinning machine is received. The usage of the formula allows to predict the character of a technological operation of a yarn winding on a coil that is especially important at modernization and equipment designing.*

**Ключевые слова:** кольцевая прядильная машина, натяжение нити, натяжение нити в процессе наматывания, коэффициент жесткости нити в баллоне.

**Keywords:** a ring spinning machine, a thread tension, a thread tension in the course of winding, a thread rigidity factor in a cylinder.

Известно, что в процессе наматывания пряжи на патрон она, проходя через бегунок, испытывает натяжение, так как ей приходится преодолевать силы сопротивления на пути от зажима передней пары вытяжного прибора до бегунка. Проходя от нитепроводника до бегунка, нить одновременно вращается вокруг веретена и под действием центробежных сил принимает вид выпуклой кривой, образуя так называемый баллон. В зависимости от различных условий осуществления процесса наматывания, а также от свойств формируемой пряжи баллон может принимать разную форму [1]. При исследовании процесса баллонирования нити возникает необходимость в установлении взаимосвязи между натяжением нити в баллоне и изменением его формы в период формирования паковки. Эта взаимосвязь может быть выражена коэффициентом  $K$  жесткости баллона:

$$K = \frac{\Delta T}{\Delta h}, \quad (1)$$

где  $\Delta T$  – изменение проекции натяжения нити в баллоне на ось вращения;  $\Delta h$  – изменение высоты баллона.

От величины коэффициента жесткости баллона зависят форма баллона, изменяющаяся от действия различных возмущающих факторов, а также, что наиболее важно, обрывность пряжи в процессе формирования початка.

При аналитическом исследовании процесса баллонирования нити принимаем условия, что нить является абсолютно гибкой и нерастяжимой, а баллон – плоским. При изменении положения кольцевой планки (рис. 1) изменится высота баллона с  $h_1$  на  $h_2$ , так что  $h_2 = h_1 + \Delta h$ .

Бегунок переместится по вертикали из точки  $A_1$  в точку  $A_2$ . Некоторое изменение

произойдет и с формой баллона, а значит изменится и натяжение баллонизирующей нити с  $T_1$  до  $T_2$ .

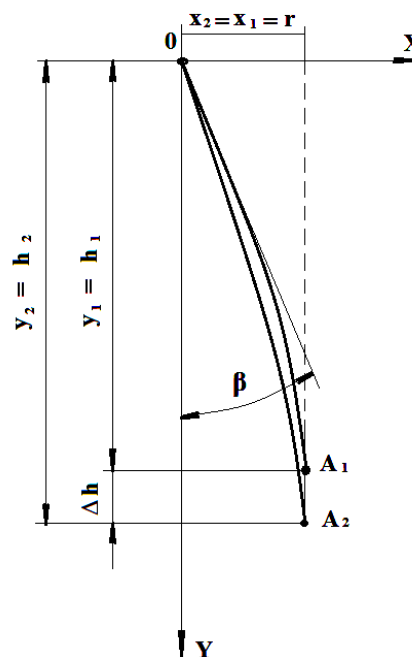


Рис. 1

Известно, что форма баллонизирующей нити приближенно может быть выражена синусоидой, а величина угла  $\beta$  между касательной к кривой баллона у нитепроводника (в нашем случае точка  $O$ ) и осью вращения веретена  $Y$  при изменении высоты баллона изменяется незначительно. Поэтому будем считать, что  $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ . Тогда уравнения двух форм баллона в меридиональной плоскости будут иметь вид:

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{\tan \beta}{a_1} \sin a_1 y, \\ x_2 &= \frac{\tan \beta}{a_2} \sin a_2 y, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $a$  – это параметр, зависящий от погонной массы длины нити  $m$ , угловой скорости баллона  $\omega$  и натяжения нити  $T$ :

$$\begin{aligned} a_1 &= \sqrt{\frac{m\omega^2}{T_1}}, \\ a_2 &= \sqrt{\frac{m\omega^2}{T_2}}. \end{aligned} \quad (3)$$

Длина дуги кривой  $x=x(y)$  определяется так:

$$\ell = \int_0^r \sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dy}\right)^2} dy. \quad (4)$$

Дифференцируя (2) и вычисляя интеграл (4), получим:

$$\ell + \left| y \left( 1 + \frac{\tan^2 \beta}{4} \right) + \frac{\tan^2 \beta}{8a} \sin 2ax \right|_0. \quad (5)$$

Из условия нерастяжимости нити следует, что  $\ell_2 = \ell_1 = \text{const}$ .

Тогда в результате преобразования получаем:

$$h_1 b + \frac{\tan^2 \beta}{8a_1} \sin 2a_1 h_1 = h_2 b + \frac{\tan^2 \beta}{8a_2} \sin 2a_2 h_2,$$

где

$$b = 1 + \frac{\tan^2 \beta}{4}. \quad (6)$$

Приращение  $\Delta h$  будет равно:

$$\Delta h = h_2 - h_1 = \frac{\frac{\tan^2 \beta}{8} \left( \frac{\sin 2a_1 h_1}{a_1} - \frac{\sin 2a_2 h_2}{a_2} \right)}{b}. \quad (7)$$

Из условия,  $x_2 = x_1 = r$  ( $r$  – это радиус кольца) с помощью выражения (2) получаем:

$$\sin a_1 h_1 = \frac{a_1 r}{\tan \beta}, \quad (8)$$

$$\sin a_2 h_2 = \frac{a_2 r}{\tan \beta}.$$

Преобразуем (7) и (8), заменив  $\sin 2ah$  выражением  $2\sin ah \cdot \cos ah$ :

$$\Delta h = \frac{\frac{r \tan \beta}{4} \left[ \sqrt{1 - \left( \frac{a_1 r}{\tan \beta} \right)^2} - \sqrt{1 - \left( \frac{a_2 r}{\tan \beta} \right)^2} \right]}{b}.$$

Преобразовав это выражение, разложив каждый из членов, стоящих в квадратных скобках в соответствующие ряды по степеням  $ar/\tan \beta$  и принимая во внимание только два первых члена полученного выражения, будем иметь:

$$\Delta h \approx \frac{\frac{r^3}{8 \tan \beta} (a_2^2 - a_1^2)}{b},$$

а с учетом (3):

$$\Delta h \approx \frac{m\omega^2 r^2}{8b \tan \beta} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right). \quad (9)$$

Считая, что  $T_2 = T_1 - \Delta T$ , и преобразовав (9), пренебрегая произведением бесконечно малых величин, с учетом (6) определяем приращение натяжения:

$$\Delta T = \frac{8 \tan \beta + 2 \tan^2 \beta}{m\omega^2 r^3} T_1^2 \Delta h. \quad (10)$$

Тогда из (1) и (10) определим коэффициент жесткости баллона:

$$K = \frac{8 \tan \beta + 2 \tan^2 \beta}{m\omega^2 r^3} T_1^2. \quad (11)$$

В выражении (11) нам известны технологические параметры  $m$ ,  $\omega$  и  $r$ . Методика определения угла выхода баллонизирующей нити из нитепроводника  $\beta$  и натяжение  $T_1$  из фотографии баллона [4], [6] или аналитически известны и применяются достаточно широко, при этом возникает необ-

## ВЫВОДЫ

ходимость в нахождении максимального вылета баллона – значения  $X_{\max}$ . Учитывая, что  $X_{\max} = X_1 = \tan\beta/a1$  и подставляя, в это выражение в первое из уравнений (3), решаем его относительно  $T_0$ :

$$T_0 = \frac{m\omega^2 x_{\max}^2}{\tan^2 \beta}. \quad (12)$$

С учетом (12) и преобразований выражение (11) будет иметь вид:

$$K = \frac{\left(\frac{8}{\tan \beta} + 2\right) m\omega^2 x_{\max}^4}{r^3}. \quad (13)$$

Зная технологические и конструктивные параметры: массы единицы длины нити, угловую скорость баллона, радиус кольца, а также владея экспериментально определенными величинами  $\beta$  и  $X_{\max}$ , формула (13) позволяет с достаточной степенью точности определить коэффициент жесткости баллона.

Получена формула, позволяющая определять коэффициент жесткости баллонировочной нити. Это дает возможность прогнозировать характер технологической операции наматывания пряжи на паковку, что особенно важно при испытании новых конструкций крутильно-мотальных устройств кольцевой прядильной машины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Минаков А.П.* О форме баллона и натяжении нити в крутильных устройствах // Сборник трудов МТИ. – М., 1929. Т.2.
2. *Павлов Н.Т.* Прядение хлопка. – М.: Легкая промышленность, 1951.
3. *Щербаков В.П.* Прикладная механика нити. – М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина. – 2001.
4. *Столяров А.А.* Анализ процесса наматывания пряжи на паковку при выработке ее на кольцевой прядильной машине // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №2. С.41...44.
5. *Столяров А.А.* О натяжении нити в точке наматывания при выработке пряжи на кольцевой прядильной машине. – Иваново: ВИНТИ, 2006, №388.
6. *Столяров А.А.* Построение и анализ диаграммы натяжения нити на кольцевой прядильной машине // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №2. С.28...31.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных изделий. Поступила 04.02.11.